



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 43 13 672 C 1

⑤1 Int. Cl.5:  
**G 01 M 13/00**  
G 01 L 5/00  
F 16 B 4/00

⑳ Aktenzeichen: P 43 13 672.9-51  
㉔ Anmeldetag: 22. 4. 93  
㉓ Offenlegungstag: —  
㉕ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 13. 10. 94

DE 4313672 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉓ Patentinhaber:

Mannesmann AG, 40213 Düsseldorf, DE

㉔ Vertreter:

Meissner, P., Dipl.-Ing.; Presting, H., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 14199 Berlin

㉕ Erfinder:

Hahn, Ortwin, Prof. Dr.-Ing., 4790 Paderborn, DE;  
Schuht, Uwe, Dr.-Ing., 4790 Paderborn, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 40 01 659 A1  
Firmenschrift der Fa. Robert Bosch GmbH EW/WEB  
IW 5 P. (2.91) D;  
»Anwendung Schraub- und Einpreßtechnik« 1991, 6  
Seiten;  
Handbuch der Industriellen Meßtechnik, P. Profos,  
Hrsg., Essen 1987, S. 244-245, m & p Jan. 91, S. 37-40;  
Konstruktion 40 (1988), Heft 10, S. 393-396;

⑤4 Verfahren zur Herstellung und Überwachung einer Kegelpreßverbindung

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung und Prüfung einer geklebten Kegelpreßverbindung. Um fertigungsbegleitend eine zerstörungsfreie Prüfung ermöglichen zu können, wird vorgeschlagen, daß nach Auftrag von Klebstoff auf mindestens ein Füge teil über den nachfolgenden Fügevorgang verteilt mehrere Wertepaare der Fügekraft und des Fügeweges gemessen werden und zur Prüfung der Qualität der Klebeverbindungen die gemessenen Wertepaare mit einem Fügekraft-Fügeweg-Kennlinienfeld verglichen werden, wobei das Fügekraft-Fügeweg-Kennlinienfeld für die jeweils zu prüfende Ausführung der geklebten Kegelpreßverbindung zuvor empirisch ermittelt wird.

DE 43 13 672 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung und Überwachung einer Kegelpreßverbindung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ein solches Verfahren ist aus der Firmenschrift der Firma Robert Bosch GmbH, EW/WEB IW 5P(291) D — "Anwendung Schraub- und Einpreßtechnik", 1991, 6 Seiten, bekannt. Die Überwachung erfolgt anhand des Fügevorganges einer zylindrischen Preßpassung, beispielsweise einer Achse mit einem Kegelrad. Um die Qualität der Verbindung im Zuge der Herstellung prüfen zu können, wird an einstellbaren Punkten des Stempelweges die Kraft mit einprogrammierten Grenzwerten verglichen. Eine Abweichung von den Grenzwerten ermöglicht eine Erkennung von mangelhaften Verbindungen und deren anschließende Aussortierung.

Diese Vorrichtung zur Überwachung des Fügevorganges von zylindrischen Preßpassungen eignet sich jedoch nicht für geklebte Kegelpreßverbindungen, da ein Vergleich der Fügekraft an vorgegebenen Punkten des Stempelweges keine ausreichende Aussage über die Qualität einer geklebten Verbindung liefert.

Aus "Handbuch der Industriellen Meßtechnik", P. Profos, Hrsg., Essen, 1987, S. 244—245, ist die Überwachung von Prozessen bekannt, wobei Meßwerte mit Resultaten, die ein Prozeß-Modell liefert, mindestens Grenzwerten der Meßwerte, verglichen werden.

Schließlich ist aus "Konstruktion", 40, 1988, Heft 10, S. 393—396, zu entnehmen, daß die Festigkeit einer Längspreßverbindung vom Klebstoff der Zeitdifferenz zwischen Klebstoffauftrag und Beginn der Fügekraft, dem Kegelwinkel, dem Kegeldurchmesser, der Oberflächengüte der Fügeteile und der Oberflächenvorbehandlung sowie einer konstanten Fügegeschwindigkeit abhängt.

Geklebte Kegelpreßverbindungen zum kraftschlüssigen Verbinden von Fügeteilen wie beispielsweise Wellen, Achsen mit Naben, Scheiben oder dergl. sind auch aus der DE 40 01 659 A1 bekannt. Diese Verbindungsart zeichnet sich durch einen Stoffschluß zwischen den Fügeteilen aus, der durch einen in den Rauigkeitszwischenräumen der Oberflächen der Fügeteile verbleibenden anaeroben Klebstoff erfolgt. Hierbei sind die Fügeteile zueinander in einem eingepreßten Kegelsitz mit Übermaß angeordnet. Diese geklebte Kegelpreßverbindung überbietet in ihrer Torsionsbelastbarkeit den herkömmlichen nicht geklebten, kegeligen Längspreßverband um ca. 30 bis 100% und bietet den Vorteil einer kostengünstigen Herstellung aufgrund der größeren zulässigen Bearbeitungstoleranzen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zur Herstellung und Überwachung einer Kegelpreßverbindung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 derart weiterzubilden, daß es fertigungsbegleitend eine zerstörungsfreie Prüfung einer geklebten Kegelpreßverbindung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmalen gelöst. In den Unteransprüchen 2 bis 5 sind vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens angegeben.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, daß die Qualität einer geklebten Kegelpreßverbindung anhand ihrer charakteristischen Wertepaare von Fügekraft und Fügeweg, die während eines Fügevorganges gemessen werden, mit statistischer Sicherheit bestimmbar ist. Diese Bestimmung ist durch einen Vergleich der gemessenen Wertepaare mit vor der Herstellung der Verbindung für diese Verbindungsart empirisch ermit-

telten Fügekraft-Fügeweg-Kennlinienfeldern durchführbar. Fallen die Wertepaare in den Bereich des entsprechenden Kennlinienfeldes, so ist die Qualität der geklebten Kegelpreßverbindung mit statistischer Sicherheit gegeben.

Des weiteren erweist sich die Beendigung des Herstell- und Prüfverfahrens in Abhängigkeit von der Kraft und somit unabhängig von dem Weg als vorteilhaft, da hierdurch einerseits das erforderliche Übermaß für die Passung sicher erreicht wird und andererseits gleichzeitig eine Überlastung der üblicherweise für das Fügeverfahren verwendeten Pressen vermieden wird. Ferner ist für die Erzielung von statistisch sicheren Aussagen über die Qualität der geklebten Kegelpreßverbindungen vorteilhafterweise nur eine weitestgehende Übereinstimmung der folgenden Randbedingungen, wie Klebstoffart, Zeitdifferenz zwischen Klebstoffauftrag und Beginn der Aufgabe der Fügekraft, Kegelwinkel, Kegeldurchmesser, Oberflächengüte der Fügeteile und Oberflächenbehandlung, wie beispielsweise Entfettung der Fügeteile, konstante Fügegeschwindigkeit bzw. Kraftzunahmegeschwindigkeit zwischen der zu prüfenden und der für die Ermittlung des Kennlinienfeldes verwendeten Proben erforderlich.

Außerdem hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Fügeteile nach dem Klebstoffauftrag senkrecht ineinander vorzufügen und diese anschließend unter dem Eigengewichteinfluß des oberen Fügeteils ineinandergleiten zu lassen. Hiermit wird eine reproduzierbare Ausgangslage der Fügeteile zueinander erhalten, die somit als Startpunkt für die Aufgabe der Fügekraft und den Beginn der Messung des Fügekraft-Fügeweg-Verlaufes dienen kann.

Ferner hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, zur Erhöhung der statistischen Sicherheit bei der Bestimmung der Qualität der geklebten Kegelpreßverbindung jeweils aus den aufeinanderfolgend gemessenen Wertepaaren die Steigung des Fügekraft-Fügeweg-Verlaufes zu ermitteln und mit den entsprechenden Wertepaaren aus dem Fügekraft-Fügeweg-Kennlinienfeld zu vergleichen. Dieser Vergleich erfolgt durch die Feststellung, ob die Steigung der gemessenen Wertepaare innerhalb der Steigungen der beiden äußeren Begrenzungslinien des Fügekraft-Fügeweg-Kennlinienfeldes für die entsprechenden gemessenen Fügekräfte der Wertepaare liegt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer Figur näher erläutert.

Die Figur zeigt ein empirisch ermitteltes Fügekraft-Fügeweg-Kennliniendiagramm. Derartige Kennliniendiagramme werden für jede herzustellende und zu prüfende Ausführungsform der kegeligen Klebpreßverbindung ermittelt. Eine derartige Ermittlung erfolgt durch die Aufnahme von mindestens zwanzig Fügekraft-Fügeweg-Verläufen von hierzu anzufertigenden Proben, die anschließend zur Beurteilung der Qualität der Verbindung zerstörend geprüft werden. Die ermittelten Verläufe werden anschließend von einer das Kennlinienfeld bildenden Hüllkurve umgeben. Bezüglich der Proben ist auf eine genaueste Einhaltung der Kegelwinkel, des Kegeldurchmessers, der Oberflächengüte und deren Oberflächenvorbehandlung, beispielsweise mit Entfettungsmitteln, zu achten. Des weiteren sind bei dem nachfolgenden Fügevorgang, die Art des Klebstoffauftrages, die gleiche Qualität des Klebstoffes, gleiche Zeitintervalle zwischen dem Klebstoffauftrag und dem Beginn der Aufgabe der Fügekraft sowie eine gleiche konstante Fügegeschwindigkeit bzw. konstante Kraftzunahmegeschwindigkeit einzuhalten.

Anhand des vorliegenden Kennliniendiagramms ist zu erkennen, daß die Kennlinienfelder der gefügten Verbindungen mit dem Klebstoff D und L einen grundsätzlich von einer gefügten Verbindung ohne Klebstoff abweichenden Verlauf aufweisen. Dieser Verlauf ist weitestgehend begründet in den polymer-chemischen Reaktionen zwischen dem Klebstoff und den Füge-  
teilen sowie der beginnenden Aushärtung des Klebstoffes. Dementsprechend weisen die Hüllkurven für die Proben mit Klebstoff nach Einsetzen der Aushärtung des Klebstoffes eine größere Steigung auf und erreichen somit bei geringeren Fügewerten als bei der Verbindung ohne Klebstoff die vorgegebene maximale Füge-  
kraft. Durch die zuvor beschriebenen charakteristischen Unterschiede zwischen dem Verlauf der Kennlinienfelder für die Proben mit und ohne Klebstoff ist durch das erfindungsgemäße Verfahren eine Erkennung von unterschiedlichen Klebstoffen, unterschiedlichen Reaktionen der Füge-  
teilerfläche mit dem Klebstoff, von Verschmutzungen der Füge-  
teilerflächen sowie die Erkennung eines mangelhaften oder sogar nicht erfolgten Klebstoffauftrages möglich.

Des weiteren ist dem Diagramm deutlich zu entnehmen, daß durch die Messung von mehreren Wertepaaren über den Fügeweg verteilt und den Vergleich mit dem Kennlinienfeld eine ausreichend sichere Aussage über die Qualität der Verbindung erreicht werden kann. Die statistische Sicherheit der Aussage über die Qualität der Verbindung kann zusätzlich erhöht werden, wenn jeweils aus den aufeinanderfolgend gemessenen Wertepaaren die Steigung des Füge-  
kraft-Fügeweg-Verlaufes ermittelt wird und geprüft wird, ob diese Steigung innerhalb der Steigungen der Hüllkurve des Füge-  
kraft-Fügeweg-Kennlinienfeldes für die entsprechende Füge-  
kraft liegt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung und Überwachung einer Kegelpreßverbindung von Füge-  
teilen, insbesondere von einer Welle mit einer Nabe, bei dem eines der Füge-  
teile senkrecht in das komplementäre Verbindungsteil abgesetzt wird und ausgehend von dieser vorgefügten Lage über den nachfolgenden Fügevorgang verteilt mehrere Wertepaare der Füge-  
kraft und des Fügeweges gemessen werden und zur Überwachung der Qualität der Kegelpreß-  
verbindung die gemessenen Wertepaare mit Grenzwerten verglichen werden, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Einpressen auf mindestens ein Füge-  
teil Klebstoff aufgetragen wird, daß das komplementäre Verbindungsteil schwimmend gelagert ist und daß die gemessenen Wertepaare der Füge-  
kraft und des Fügeweges nicht mit Grenzwerten, sondern mit einem Füge-  
kraft-Fügeweg-Kennlinienfeld verglichen werden, wobei das Füge-  
kraft-Fügeweg-Kennlinienfeld für die jeweils zu überwachende Ausführung der geklebten Kegelpreß-  
verbindung zuvor empirisch ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Fügevorgang und die Messung des Füge-  
kraft-Fügeweg-Verlaufes bei Erreichen einer vorgewählten maximalen Füge-  
kraft beendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die gemessenen Füge-  
kraft-Fügeweg-Verläufe in einem Rechner abgespeichert werden, das zugehörige Füge-  
kraft-Fügeweg-

Kennlinienfeld der zuvor gefertigten und gleichartigen Verbindung, das ebenfalls im Rechner abgespeichert ist, mit dem gemessenen Füge-  
kraft-Fügeweg-Verlauf verglichen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Füge-  
kraft-Fügeweg-Kennlinienfelder mindestens in Abhängigkeit des verwendeten Klebstoffes, der Zeitdifferenz zwischen Klebstoffauftrag und dem Beginn der Aufgabe der Füge-  
kraft, des Kegelwinkels, des Kegel-  
durchmessers, der Oberflächengüte der Füge-  
teile und der Oberflächenvorbehandlung sowie einer konstanten Füge-  
geschwindigkeit bzw. Kraftzunah-  
megeschwindigkeit beim Fügevorgang ermittelt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Prüfung der Qualität der Klebeverbindung jeweils aus zwei aufeinanderfolgend gemessenen Wertepaaren die Steigung des Füge-  
kraft-Fügeweg-Verlaufes ermittelt wird und mit der Steigung der entsprechenden Wertepaare in dem Füge-  
kraft-Fügeweg-Kenn-  
linienfeld verglichen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

